

コンシューマ・システム論文

3次元ジェスチャ操作による テーブル型インタラクティブデジタルサイネージの開発

松原 孝志^{1,a)} ボンダン スティアワン¹ 松本 和己² 徳永 竜也² 中島 一州²

受付日 2013年12月19日, 採録日 2014年6月24日

概要: 大型ディスプレイを使ったデジタルサイネージの設置数が, 商業施設や駅等の公共の場を中心に急速に増えている. この多くは広告や交通情報等の1方向の情報提供にとどまっており, ユーザが必要な情報をインタラクティブに取得するためには, 大型ディスプレイを直観的に操作できるUIが求められる. 本研究では, 距離画像センサを用いたジェスチャ認識により, 画面に対する手の位置や近づきに応じてメニュー操作できるUI技術を開発した. また, 同技術の適用により, 大画面に対して手の小さな動きで無理なく操作できるテーブル型のインタラクティブデジタルサイネージ端末を開発した. 公共用途としての実用性を確認するために, ユーザビリティテスト手法の1つである思考発話法を用いたユーザ評価を行い, 端末を初めて使う人でも利用方法を説明することなく目的的操作を実行できることを確認した.

キーワード: ジェスチャ操作, ユーザ・インタフェース, デジタルサイネージ, インタラクティブ, 3次元カメラ

Development of Tabletop Interactive Digital Signage Using 3D Gesture Operation

TAKASHI MATSUBARA^{1,a)} BONDAN SETIAWAN¹ KAZUMI MATSUMOTO² TATSUYA TOKUNAGA²
ISSHU NAKAJIMA²

Received: December 19, 2013, Accepted: June 24, 2014

Abstract: The installation number of digital signage system with large display in public area is increasing rapidly. A huge amount of information such as advertisement, traffic condition, etc. is being hold in the system. An intuitive UI for these large displays is needed for user to effectively obtain the needed information. This research proposes UI techniques which enable menu objects operation using hand movements in front of display screen which are detected in real-time from a 3D camera image. The proposed technique has allowed a user to control menu objects on the large screen display using reasonably small hand-movements. Using the proposed technique, a tabletop interactive digital signage has been developed. Through usability evaluation using think-aloud methods, the proposed UI technique has been confirmed effective to be implemented in public area digital signage system.

Keywords: gesture operation, use interface, digital signage, interactive, 3D camera

1. はじめに

大型ディスプレイを使ったデジタルサイネージの設置数

が, 商業施設や駅等の公共の場を中心に急速に増えている. この多くは広告や交通情報等の1方向の情報提供にとどまっており, ユーザが必要な情報をインタラクティブに取得するためには, 大型ディスプレイを直観的に操作できるユーザ・インタフェース (以下, UI) が求められる.

一方, センシング技術の応用により直感的な操作性を実現した快適なUIが, 情報機器の魅力を高める大きな要因となっている. このようなUIは, ナチュラルユーザインタフェース (以下, NUI) と呼ばれ, 指や音声, 視線等に

¹ 株式会社日立製作所横浜研究所
Hitachi Ltd. Yokohama Research Laboratory, Yokohama,
Kanagawa 244-0817, Japan

² 株式会社日立製作所デザイン本部
Hitachi Ltd. Design Division, Minato, Tokyo 107-6323,
Japan

^{a)} takashi.matsubara.pw@hitachi.com

よる操作や、ジェスチャ等人の自然な行為による操作を実現していることに特徴がある。筆者らは、これまでに情報機器に適した快適な NUI の実現を目的として、3D カメラを使って手の動きを認識することにより機器の操作を行うジェスチャ操作の研究開発を進めてきた [1], [2]。ジェスチャ操作はデジタルサイネージに適した UI の 1 つであると考える。以下にその理由を示す。

- 最適視聴距離での操作：デジタルサイネージに多く用いられる大型ディスプレイの最適視聴距離は、一般的に画面の高さの 3 倍程度であり、手が届かない距離である。ジェスチャ操作は手が届かない距離でも操作できるため、最適視聴距離での操作が可能となる。
- 衛生的な操作：デジタルサイネージは公共で不特定多数の人に利用される。そのため、タッチパネル等の機器への接触が必要な UI の場合、汚れや感染等の衛生面で懸念を持つ利用者がいる。ジェスチャ操作は非接触で操作できるため、衛生的に操作できる。
- 体格や姿勢への依存が少ない操作：デジタルサイネージの利用者は子供から高齢者、車いす使用者まで多様である。ジェスチャ操作は利用者が操作する位置の自由度が高いため、体格や姿勢への依存が少ない操作を提供しやすい。

本論文では、ジェスチャ操作を用いて公共の場での利用方法に適したインタラクティブデジタルサイネージを開発することを目的として、これを実現するための課題と、課題解決のためのインタラクション設計について述べ、試作開発したインタラクティブサイネージの公共用途での実用性を示す。

2. 関連研究

2.1 インタラクティブデジタルサイネージ

デジタルサイネージをインタラクティブに利用するための研究は数多く行われてきた。たとえば、遠藤らは大画面マルチタッチパネルを利用して複合商業施設に複数人で来訪した客がタイムライン上に希望の店舗やイベントを割り付けてプランニングできるデジタルサイネージシステムを提案している [3]。また、木原らはカメラセンサにより得られる映像ディスプレイ前の人の位置移動に基づいてリアルタイムで状況に意味付けすることにより、人々にタイミング良く刺激コンテンツを提供する状況即応型デジタルサイネージを提案している [4]。

しかしながら、これらの研究では、ユーザが能動的に店舗等の情報を得ようとする場合に、個々の利用者が短時間で必要な情報を得られ、多くの人が効率的にディスプレイを利用できるようにすることは考慮されていない。

デジタルサイネージと携帯端末の連携によりインタラクティブに情報取得できるシステムも提案されている。たとえば、宮田らはユーザが携帯端末を用いてデジタルサイ

ネージ上で各自のポインタを操作でき、任意のコンテンツ概要を選択すると対応するコンテンツ詳細が各自の携帯端末上で閲覧できる端末連携方式を提案している [5]。また、小川らはデジタルサイネージから配信される情報を、時間と場所の要素で限定し、その時その場所にいた人々の携帯端末にクーポンが配信されるインタラクションモデルを提案している [6]。

しかしながら、デジタルサイネージは公共の場で様々な人が利用するため、携帯端末と連携した情報取得は、情報機器に不慣れな人が気軽に利用することが難しいという課題がある。

2.2 ジェスチャ操作

ジェスチャを用いて大型ディスプレイを操作するインタラクションは、手の動きと操作コマンドの対応付けの方法やメニューのデザイン、種々の状況や環境に適応した認識精度の向上等、様々な観点で研究されている。

木村らは広視野ディスプレイとジェスチャ操作を組み合わせた広視野電子作業空間の実現に向けた基幹システムと基本ジェスチャコマンドを開発している [7]。また、大槻らは多数のパーツから構成される仮想の 3D オブジェクトの分解・観察に適したジェスチャでの操作法を提案している [8]。

これらの研究は特定の作業に関わる操作を快適にするものではあるが、あらかじめ操作方法を理解することや操作に慣れることが必要になる。

前野らはジェスチャ操作ではユーザが操作コマンドを記憶する必要があることを指摘し、位置入力、回転入力、方向入力の 3 つのジェスチャをメニュー操作に利用することを想定して広視野電子作業空間に適したメニューデザインを検討している [9]。また、中野らはジェスチャ操作において種々の状況や環境に適応して良好な認識状態を保つために、システム側からユーザに認識状態を提示することで、認識状況が良くなるように人の支援を効果的に得る手法を提案している [10]。長谷川らは深度カメラを用いた空中での手によるジェスチャの認識において、深度情報を用いてユーザの姿勢を考慮することで、ユーザの向きによらずジェスチャを認識可能にするシステムを提案している [11]。

このように、メニューデザインや認識状況の提示、ユーザの姿勢の考慮等で、ジェスチャ操作をより快適にするための研究がなされているが、ユーザが大型ディスプレイを見るときや操作するときの位置や姿勢を考慮して、いかに体への負担が少ない使い方ができるようにするかは考慮されていない。

2.3 ジェスチャを用いたデジタルサイネージ

ジェスチャ操作を UI に採用することで、コンテンツの操作を可能にしたデジタルサイネージが製品化されている [12], [13]。これらの製品は、画面から離れた距離からコ

コンテンツの表示位置に合わせて手を動かす必要があり、手の位置合わせが難しいという課題がある。また、大画面に向かって手を出して操作するため、画面を見上げながら手を上げ続ける姿勢となり、体への負担が大きい。デジタルサイネージは、子供から高齢者、車いす利用者まで様々な人が利用するため、ユニバーサルデザインへの配慮が必要となる。

指先の動きによる操作コマンドを定義することで、デジタルサイネージを手の小さな動きで操作できる UI ソリューションが提供されている [14]。しかしながら、操作コマンドとして用いる手の形や手の動きのパターンをユーザが理解して使う必要がある。デジタルサイネージでは、不特定多数の人が不定期に利用し、接する時間が短いため、ジェスチャ操作に不慣れな人でも直観的に使えることが求められる。

2.4 解決すべき課題

前節までに述べた関連研究をふまえ、ジェスチャ操作を用いて公共の場での利用方法に適したインタラクティブデジタルサイネージを開発するための課題を検討した。課題は以下の3つと考える。

- (i) 情報機器に不慣れな人でも直感的に操作できなければならない。
- (ii) 多くの人が効率的に利用できなければならない。
- (iii) 画面を見ることや操作することによる体への負担を少なくしなければならない。

3. アプローチ

3.1 用途の選定

前章で述べた課題を解決するためのアプローチとして、デジタルサイネージの具体的な用途と要件を定めて試作検証を行うことにした。そこで、具体的な用途として、以下の理由によりフロアガイドを選定した。

- 国内のデジタルサイネージ市場の8割以上は商業施設向けであり [15]、フロアガイドを必要とする施設である。
- 商業施設にある掲示板や印刷媒体において、顧客のフロアガイドの利用頻度が高い。
- フロアガイドは適用できる業態が多く、役所、学校、病院等への展開が想定できる。

3.2 フロアガイドの利用状況調査

フロアガイドは、主に掲示板や印刷媒体として店舗に設置されている。このようなフロアガイドの現状を把握するために、複数の実店舗で利用状況を調査した。図1に利用状況調査の様子を示す。調査では、フロアガイドの外観や情報の内容の確認と、フロアガイドを見る人の立ち位置や行動を観察した。調査結果を表1に示す。



図1 フロアガイドの利用状況調査

Fig. 1 Usage survey of floor guide.

表1 利用状況調査の結果

Table 1 Findings of usage survey.

調査の観点	結果
板面のサイズ、設置方法	<ul style="list-style-type: none"> ● 板面の各辺のサイズは概ね1~1.5m ● 壁面設置が7~8割、その他はテーブル型設置で板面が20~30°程度傾斜
情報の内容、レイアウト	<ul style="list-style-type: none"> ● 情報の種類：地図、店舗名一覧、店舗のジャンル分類、飲食店のイメージ写真 ● レイアウト：概ね以下の通り <ul style="list-style-type: none"> - 地図と店舗名一覧を番号で対応付け - 店舗名一覧を、各階ごとに五十音順で並び、ジャンルで色分け - 飲食店のイメージ写真一覧を別枠に用意
フロアガイドを見る人の立ち位置	<ul style="list-style-type: none"> ● 壁面設置：板面から1m程度離れた位置に立つ人が多数 ● テーブル型設置：テーブルの間際の位置に立つ人が多数
フロアガイドに対する人の行動	<ul style="list-style-type: none"> ● 板面を指でさし示すように手を近づける人が多数、その際の手の形は様々 ● 近づき方は、1m程度の距離で立ち止まり、指をさし示す際にさらに近づく傾向 ● 特に二人以上で一緒に見ている場合は、ほとんどの人が指をさしながら会話 ● 多くの人が時間を要するのは「店舗名一覧で番号を確認し、地図上でその番号を探す」行動

3.3 要件定義

利用状況調査での人の行動の観察から、以下のようにフロアガイドに必要な要件を定義した。

- (1) 店舗の一覧：特に目的なくウィンドショッピングしている人が、イメージ写真等でどのような店舗があるかを一覧できる。
- (2) 店舗の検索：目的はあるが店舗が決まっていない人が、利用目的に合った店舗を検索し、店舗の情報を確認できる。
- (3) 場所の確認：すでに目的の店舗が決まっている人が、店舗を簡単に発見し地図上の位置を確認できる。

これらの要件を満たす機能を、グラフィカルユーザインタフェース（以下、GUI）で実現する方針とした。また、

その機能をユーザが利用するうえで、前章で述べた課題を解決するためのインタラクションを検討した。

なお、課題(ii)「多くの人が効率的に利用できなければならない」の解決方法には、① 1人の人が短時間で利用できるようにする、② 同時に複数人が利用できるようにする、の2つがあると考えるが、本検討では①の解決方法を選択した。この理由を次に述べる。公共にある物を利用する際に、特に日本では先に利用している人の順番を待つことを礼儀とする文化があり、他の人が利用中に同時に使い始めることに抵抗がある人が多い。先の調査でも板面を指さす際に、先に板面近くにいる人が離れるのを待つ様子が見られた。そこで、1人ずつ利用する仕組みとし、1人が短時間で必要な情報を得られるようにすることを検討した。

4. インタラクション設計

4.1 直観的に操作できるグラフィック構造

情報機器に不慣れな人でも直観的に操作できるようにするためには、ユーザが利用できる機能や操作方法を、GUIの外観からイメージできることが求められる。そこで、GUIのグラフィック構造を検討した。

4.1.1 プロトタイプによる定性評価

試作するGUIは「店舗の一覧」「店舗の検索」「場所の確認」の3つの要件を満たす機能を備える必要がある。項目の一覧や検索を行うGUIでは、項目の並べ方やメニュー階層の構成が使いやすさに影響する。そこで、これらが異なるグラフィック構造を複数試作し定性評価を行った。図2に試作したグラフィック構造の一例を示す。

定性評価では、まず前節で述べた要件に基づいて表2に示す評価の観点を設定した。次に、本研究に関わるエンジニアとデザイナーの5人が、グラフィック構造の外観から操作方法を想定しながら問題点を抽出した。さらに、各グラフィック構造を改良しつつ、各々の良い部分を抽出して1つのグラフィック構造にまとめていく検討を反復的に行った。

4.1.2 グラフィック構造の検討結果

検討結果としてまとめたグラフィック構造を図3に示す。画面上側に地図を配置し、画面下側に操作メニューを配置した。また、操作メニューは「ジャンル階層」と「店舗階層」の2つのメニュー階層からなる。操作手順は以下となる。

① 初期状態：ジャンル階層を表示



図2 グラフィック構造の定性評価に用いた試作の一例
Fig. 2 Comparative review of graphic structure.

- ② 操作1：店舗のジャンルを選択
【操作結果】ジャンルに対応する店舗階層を表示
 - ③ 操作2：店舗画像のスクロール移動と選択
【操作結果】店舗の詳細情報を表示。また同時に、店舗画像と地図を線で結び、店舗の場所を表示
フロアガイドの3つの要件への対応は以下となる。
- (1) 店舗の一覧
・初期状態で表示されるジャンル階層で、全ジャンル

表2 グラフィック構造の定性評価の観点
Table 2 Perspectives of graphic structure evaluation.

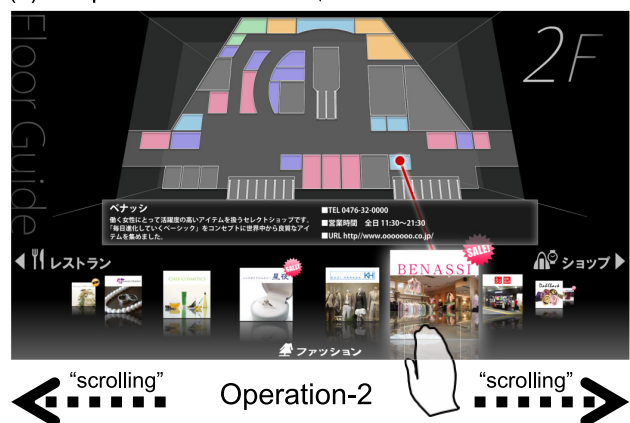
要件	評価の観点
店舗の一覧	<ul style="list-style-type: none"> ・店舗のイメージ画像の位置、サイズ ・一度に表示できる店舗画像の数 ・店舗のジャンルの見分けやすさ
店舗の検索	<ul style="list-style-type: none"> ・店舗のジャンルの見分けやすさ ・店舗選択までの階層、操作ステップの少なさ ・店舗詳細情報の表示の位置、サイズ ・外観からの操作方法の理解のしやすさ
場所の確認	<ul style="list-style-type: none"> ・地図上の現在位置と店舗位置の見つけやすさ ・地図全体の位置、サイズ ・地図と店舗詳細情報の対応のとりやすさ ・外観からの操作方法の理解のしやすさ

(a) Genre Selection View



↓ Operation-1

(b) Shop Selection View



← "scrolling" Operation-2 "scrolling" →

図3 グラフィック構造
Fig. 3 Graphic structure.

の店舗画像を一覧できる。

- ・操作1で表示される店舗階層で、大きく表示される店舗画像をスクロール操作しながら一覧できる。

(2) 店舗の検索

- ・操作1でジャンルごとに店舗数が絞り込まれるため、利用目的に沿った店舗を検索できる。
- ・操作2で店舗の詳細情報が確認できる。

(3) 場所の確認

- ・操作2で選択した店舗の場所を地図で確認できる。

このようなグラフィック構造により、以下の効果が得られる。

- 画面上側に常時地図を表示することで、場所を確認する機能があることが分かりやすい。
- 画面下側に配置した操作メニューに操作の対象となるグラフィックを集約しているため、画面内のどこを操作するかが分かりやすい。
- 操作メニューをジャンルで大きく区切り、ジャンル名称を大きく表示しているため、ジャンルから店舗を探す機能があることが分かりやすい。
- ジャンル階層でジャンル名称に対応して店舗画像を表示しているため、ジャンル階層と店舗階層の2つのメニュー階層で操作することが把握しやすい。
- 店舗階層で左右の端にいくにつれて店舗画像が小さく表示されるため、スクロール移動の操作ができることが分かりやすい。

以上のグラフィック構造の検討により、フロアガイドの3つの要件を満たし、情報機器に不慣れな人でも直観的に操作することを可能とした。

4.2 短時間で操作するためのジェスチャ操作

デジタルサイネージは公共の場で利用されるため、1人の人が必要な情報を短時間で得られ、多くの人が効率的に利用できることが求められる。前節で述べたグラフィック構造には2つのメニュー階層があり、階層をたどる操作や、ある項目から他の項目に表示を切り替えるために階層を行き来する操作に時間を要することが想定される。そこで、このようなメニュー階層の操作を、ジェスチャ操作を用いて短時間で行うための認識アルゴリズムを検討した。

4.2.1 手の近づきを利用したメニュー階層の操作

前節で述べた利用状況調査で、利用者がフロアガイドを指でさし示すように手を近づける動きが多く観察された。そこで、このように利用者が自然に行う「手を近づける」動きを利用して、メニュー階層を効率良く短時間で選択できる操作方法を考案した。具体的には以下となる。

- 画面に手を近づける：手を近づけた位置に対応する下位の階層が表示される。
- 画面から手を遠ざける：表示中の階層の上位の階層が表示される。

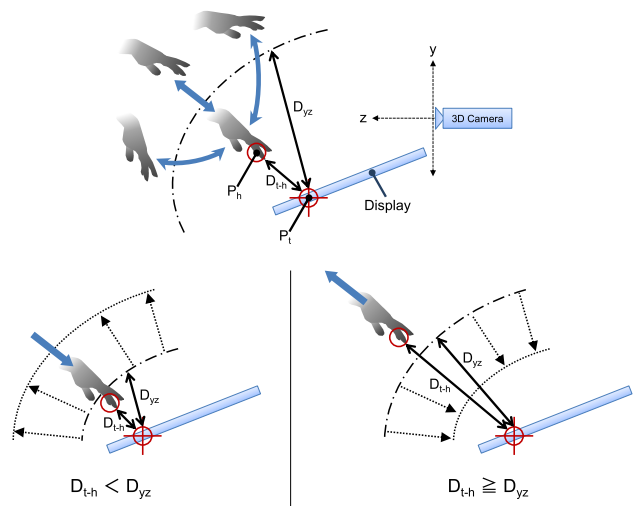


図4 手の近づきの認識アルゴリズム

Fig. 4 Recognition algorithm of closing a hand.

画面内で操作対象となるグラフィックに対して、手を近づける動きを認識するアルゴリズムを開発した。図4に認識アルゴリズムの概要を示す。なお、同図はディスプレイの側面から見た場合の、手とディスプレイの位置関係を示す。

- ディスプレイの物理的な設置位置と、画面内で操作対象となるグラフィックの表示位置に基づき、操作のターゲット位置 P_t を設定する。
- P_t に対する手の近づきを判定するため、 P_t と手の位置 P_h の間の距離 D_{t-h} に関して、閾値 D_{yz} を設ける。
- $D_{t-h} < D_{yz}$ になる場合、手が近づいたと判定する。また、手を近づけたまま左右に移動させる等の、手が近い状態を保持して行われる操作を安定して認識するために、閾値 D_{yz} の距離を長くする。
- $D_{t-h} \geq D_{yz}$ になる場合、手が遠ざかったと判定する。また、手を遠ざけたまま左右に移動させる等の、手が遠い状態を保持して行われる操作を安定して認識するために、閾値 D_{yz} の距離を短くする。

ここで、閾値 D_{yz} の値は以下のように設定した。

- (c) で $D_{t-h} < D_{yz}$ になり手が近づいたと判定する際の閾値 D_{yz} は、指を伸ばしさえすれば画面に触れる距離とし、日本人の人差し指の長さの平均である 69.5 mm [16] に偏差を考慮した 100 mm とした。
- (d) で $D_{t-h} \geq D_{yz}$ になり手が遠ざかったと判定する際の閾値 D_{yz} は、手首から先の動きでは画面に触れられない距離とし、日本人の指先から手首までの長さの平均である 184.2 mm [16] に偏差を考慮した 200 mm とした。

4.2.2 グラフィック構造への操作の適用

前節で述べたグラフィック構造に手の近づきによる操作方法を適用した。図5に示すように、手を近づける動きにより画面表示が変更される。

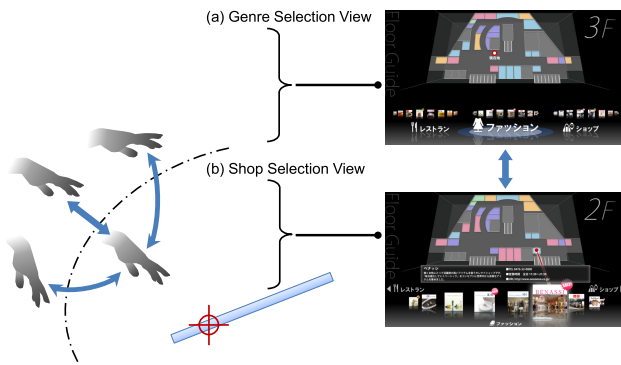


図 5 手の近づきによる表示の変更
Fig. 5 Display change by closing a hand.

- (1) 手が画面から遠い場合は、ジャンル階層が表示される。また、画面左右方向の手の位置に対応して、ジャンルが選択される。
- (2) 手が画面に近づくと、選択中のジャンルに対応した店舗階層が表示される。また、店舗階層では、画面左右方向の手の位置に対応して、店舗が選択される。

この操作方法により、以下の効果が得られる。

- 手を近づける過程でジャンルが選択されるため、ジャンル選択する際に、タッチ操作のようにタッチして手を引き戻すような操作ステップがなく、操作時間が短縮される。
 - 手を遠ざける過程で、店舗階層からジャンル階層に遷移するため、ジャンル階層に戻るための操作を行う手間が必要ない。
 - 手が遠い場合には、ジャンル階層に戻るため、操作する人が入れ替わった場合に、すぐにジャンル階層から操作を始めることができる。
 - ジャンル階層、店舗階層の各階層において、画面左右方向の手の位置に応じて、つねにどこかのジャンルもしくは店舗が選択状態になるため、タッチ操作のように何度も画面をタッチする動きが不要になる。
 - ジャンル階層、店舗階層の各階層において、画面に近い位置で大きなグラフィックを選択するため、グラフィックに対する手の正確な位置合わせが不要になる。
- 以上の検討により、メニュー階層の選択、切替えや、操作する人の入れ替わり、操作時の手の動きの効率が良く短時間でできる操作方法を実現した。

4.3 体への負担が少ない端末形状

デジタルサイネージを利用する人は、子供から高齢者、車いす使用者まで様々であるため、画面を見ることや操作することによる体への負担を少なくすることが求められる。そこで、以下の理由により、ディスプレイを水平に設置するテーブル型の端末形状を採用することとした。

- 画面を見るときの体の負担が少ない
子供や高齢者、車いす使用者等が利用する場合、頭の



図 6 筐体のリファレンスデザイン
Fig. 6 Reference design.

表 3 筐体の仕様
Table 3 Reference design specification.

寸法	<ul style="list-style-type: none"> ・幅： 1460mm ・高さ： 1170mm ・奥行き： 1010mm
重量	約 100 kg
ディスプレイ	52 インチ液晶モニタ ディスプレイ面の水平に対する傾斜：20 度

位置が低いことがあるため、高い位置にあるディスプレイを見上げることによる体への負担が大きい。ディスプレイを平置きし、低い位置に設置することで、大画面であっても、上から見下ろす楽な姿勢で画面全体を見渡すことができる。前節で述べた利用状況調査で確認したテーブル型のフロアガイドも同様の配慮がなされたものと考えられる。

- 周囲の視線が気になりにくい
公共の場で情報端末を利用する場合には、周囲の人に見られながら操作することへの抵抗感が生じると想定される。ディスプレイを平置きすることにより、画面から離れたところにいる人に詳細な操作状況を見られにくいようにできる。このような例に銀行の自動取引機や交通機関や店舗のチケット発券機がある。
- 操作に適した距離に立ちやすい
前節で述べた利用状況調査では、壁面設置のフロアガイドに比べテーブル型の方が、ユーザが近い位置に立つことが分かった。したがって、操作に適した距離まで、ユーザが自然に近づくことが想定される。また、画面に近い位置に立つことで、操作する手を無理なく差し出すことができる。

図 6 にリファレンスデザインとして開発した筐体の外観を示す。また、同図右に示す液晶ディスプレイを用いた筐体の仕様を表 3 に示す。ディスプレイのサイズは既存のフロアガイドの板面サイズを参考にして 52 インチを選定した。リファレンスデザインの筐体は、デジタルサイネージで一般的に用いられる壁面設置のデザインと比較した場合のメリットとして、先に述べた 3 点に加え、ディスプレイ下部にスペースがあり車いす利用者が近づきやすいことや、

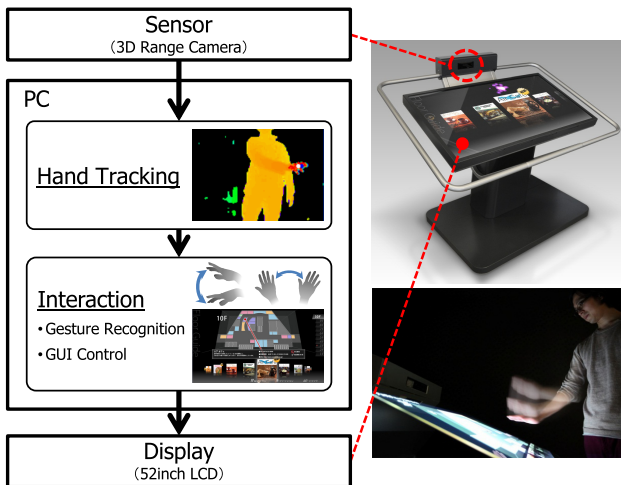


図 7 プロトタイプ構成
Fig. 7 Structure of prototype.

ディスプレイ周囲に設けた手すりにつかまれるため利用中の体の負担を軽減できることがあげられる。一方で、デメリットとしては、物理的な設置場所の制約が生じることや、筐体から離れた位置から画面が見えにくいことがある。

5. 実装

前章で述べた設計を基に、フロアガイドの機能を提供するデジタルサイネージのプロトタイプを開発した。

プロトタイプの構成を図 7 に示す。ハードウェアは、センサ、ディスプレイ、PC の 3 つで構成される。プロトタイプに適用するジェスチャ操作は、前章で述べたディスプレイに対する手の近づき等、3 次元で手を動かす動きになる。この動きを認識するために、センサには 3 次元距離画像カメラを用いた [17]。ジェスチャ操作の認識や GUI の表示処理は PC のソフトウェアで行う。

ソフトウェアは大きく以下の 2 つで構成される。

- ハンドトラッキング：距離画像から撮像範囲内にある物体の 3 次元形状を解析することにより、ユーザの手の位置を検出、追跡する。
- インタラクション：手の動きからジェスチャを認識し、認識した動きに応じて GUI の表示を変更する。

なお、PC はデジタルサイネージで多く利用される産業用ボックスコンピュータの以下のスペックのもので問題なく動作することを確認した。

- ・ CPU：Intel Core Duo プロセッサ 1.2GHz
- ・ メモリ：1GB

6. 評価

6.1 思考発話法によるユーザビリティ評価

開発したデジタルサイネージのユーザビリティを評価するためにユーザ評価を実施した。この評価では、ある目的に沿ったタスク実行の過程でユーザが考えていることをそ



図 8 ユーザ評価
Fig. 8 User testing.

の場で発言してもらうユーザビリティテストの方法の一つである思考発話法 [18] を用いた。思考発話法は特に、使いにくさの原因を洗い出すのに適した評価方法である。

被験者および評価の条件は下記とした。

【被験者の条件】

- ・ 被験者数：20 人（すべて一般人）
- ・ 年齢：20 代～60 代の 10 歳刻みで各 4 人
- ・ 性別：男女半々

【評価の条件】

- ・ テスティングルームで 1 人ごとに実施し、評価時間はタスクの実行やインタビューを含めて 1 人あたり約 40 分とした。
- ・ テスティングルーム内は、被験者とインタビューの 2 人のみとし、他の評価者はマジックミラー越しでの直視もしくはカメラ映像で被験者を観察した。
- ・ 被験者には操作方法を説明せず、デジタルサイネージがフロアガイドの機能を提供することのみ伝えた。

評価の実施から分析、使いにくさの原因の抽出までの手順を以下に示す。また評価実施時の様子を図 8 に示す。なお、フロアガイドには 42 店舗を掲載した。

(1) ユーザ評価の実施

被験者にショッピングモールに来ていると想定させ、下記のタスクを実行させる。被験者にはタスクが完了したことを口頭で言わせる。その際にインタビューが、被験者がタスクを実行しながら考えていること、感じていることをインタビューする。

- ① インタビュアが被験者に店舗名称を伝え、被験者がその店舗の場所を確認する。
- ② インタビュアが被験者に「食事をする」等の目的を設定し、被験者が利用したい店舗を検索し決定する。また、被験者に 5 段階で思いどおり使えるか（1：とても使えない、2：使えない、3：どちらでもない、4：使える、5：とても使える）を評価させるとともに、操作方法や体への負担に関して自由にコメントさせる。

(2) 事実の把握

以下を事実として記録する。

- ・ 被験者がタスクを実行したときの様子や行動、発話内容
- ・ 操作開始からタスク完了までのタスク実行時間

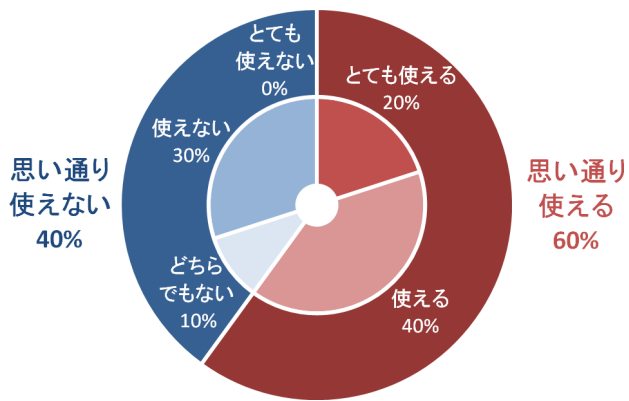


図 9 思いどおり使えるかの評価結果

Fig. 9 Evaluation results of intuitive operation.

(3) 状況の分析

記録した事実に基づき、主に以下の観点で定性的に分析する。

- ① 「店舗の場所の確認」と「利用店舗の検索と決定」のタスクを実行できたか。
- ② 操作方法を理解して直感的に操作できていたか。
- ③ 階層を切り替える操作や、店舗のスクロール・選択を行う操作を円滑に実行できたか。
- ④ 無理のない姿勢や手の動きで操作できたか。

(4) 使いにくさの原因の抽出

分析結果に基づき、使いにくさの原因を抽出する。また、抽出した原因を「グラフィック構造・デザイン表現」「ジェスチャ操作・認識」「端末形状」の観点で分類し対策を検討する。

6.2 評価結果

ユーザ評価の結果を以下に示す。すべての被験者がタスクとして与えた「店舗の場所の確認」と「利用店舗の検索と決定」を実行できた。思いどおり使えるかを評価した結果を図 9 に示す。思いどおり使えると回答した人は、4：使える, 5：とても使える, の回答を合わせると 60%であった。その他の回答であった人からは、思いどおり使えないと感じる原因として「手を引いたときに選択した店舗が解除されるまでの時間が短い」「スクロールの速度が速い」のコメントを多く得た。

図 10 は、指定した店舗の場所を確認するタスクの実行時間の平均値を示している。また、図 10 ではタスク実行時間を思いどおり使えるかの評価結果に対応付けている。思いどおり使えた人は、思いどおり使えない人の半分以下の時間で操作できており、優位な差がみられた。基本的な操作方法の理解の度合いがタスク実行時間に現れていると考えられる。

図 11 は、被験者を年代別に分けて、指定した店舗の場所を確認するタスクの実行時間の分布を示している。年代別では、特に 50 代以上でタスク実行時間が短い人と長い

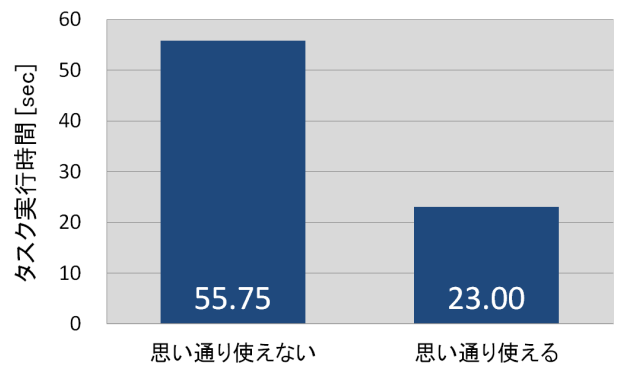


図 10 タスク実行時間の平均値

Fig. 10 Average of operating time.

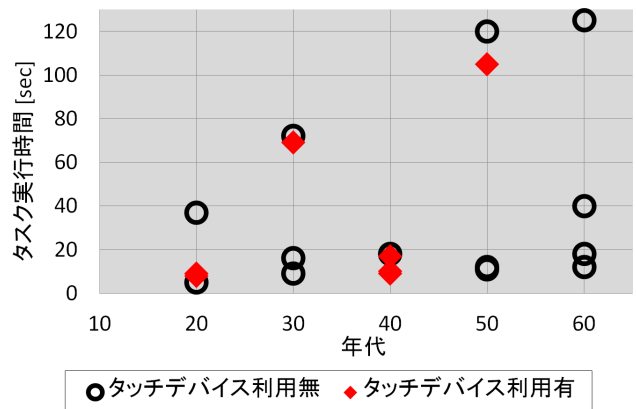


図 11 タスク実行時間の分布

Fig. 11 Distribution of operating time.

人の差が大きいことが分かる。タスク実行時間が長かった人の行動には、操作する手を止めて画面を見る時間が長い傾向があったため、操作方法の理解に時間を要したと考えられる。また、図 11 では各被験者のタッチデバイスの日常利用の有無を同時に示しており、日常利用する人は被験者全体の 35%であった。タッチデバイスには、スマートフォン、タブレット端末、タッチパネル搭載ゲーム機が含まれる。GUI やグラフィック構造の理解は、タッチデバイスの操作経験の有無により異なると考えられるが、特にタスク実行時間に有意差はなかった。

6.3 考察

以下、先に述べた 3 つの課題に対して評価結果を考察する。

(i) 情報機器に不慣れな人でも直感的に操作できなければならない

ユーザ評価では被験者に操作方法を説明しなかったが、全被験者が「場所の確認」「利用店舗の検索」のタスクを実行できている。また、被験者の過半数以上が思いどおり使えると回答しており、直感的な操作を実現できたと考えている。一方で、思いどおり使えない人にはタッチデバイスを日常的に利用する人もいた。タスク実行時にも全被験者

の約 8 割の人に操作中に画面をタッチする行動がみられ、特に店舗階層で店舗を選択した状態を保持させようとしてタッチする行動が顕著であった。タッチ操作には、操作後の状態が確実に保持されるという安心感があるため、今後はタッチパネルとの併用でより使いやすくすることも検討していきたい。

(ii) 多くの人が効率的に利用できなければならない

被験者の過半数以上であった思いどおり使える人は平均で 23 秒という短時間でタスクを完了している。また、思いどおり使えない人も含め全体の 75% の人が 40 秒以内でタスクを完了しており、公共用途としての実用性を確保することができたと考えている。思いどおり使えない人の理由は「手を引いたときに選択した店舗が解除されるまでの時間が短い」「スクロールの速度が速い」ことであった。これらの時間や速度の最適化や、操作状態をより理解しやすくするフィードバックの拡充により、さらに 1 人の人が短時間で必要な情報を得られ、多くの人が効率的に利用できるようになると考えている。

(iii) 画面を見ることや操作することによる体への負担を少なくしなければならない

ユーザ評価での被験者の観察において、被験者が自然に立った姿勢で画面を眺めて操作できていることが確認できた。また、被験者に画面の見やすさや操作する手の出しやすさについてヒアリングした結果でも、操作中の姿勢に特に無理を感じた人はいなかったため、体への負担を少なくすることができたと考えている。しかしながら、スクロールする操作で手を伸ばす範囲が広いことに負担を感じた人がおり、この範囲を狭くする等して動作の観点からもさらに体への負担を少なくすることを検討していきたい。

上記の考察で示したように、先に述べた 3 つの課題を解決したインタラクティブデジタルサイネージを実現できたと考えている。また、評価に際してはプロトタイプの実用性の満足度と利用意向についてヒアリングしており、9 割の人から「公共の場にこのデジタルサイネージがあれば利用したい」との回答を得ることができた。

しかしながら、操作方法をよく理解していた人や、思いどおり使うことができると感じた人の割合はまだ十分ではなく、さらなる改良が必要である。この改良方法として、図やアニメーションによる基本的な操作方法の提示や、操作方法をそれとなく示す表現のグラフィックへの追加等、適度な操作ガイドを画面内に取り入れることが考えられる。

被験者へのヒアリングでは、機能追加の要望もあった。特に多かったものには、フロア階を指定して一覧したい、地図を直接操作して店舗を見つけたい、等がある。説明なく使える公共用途としての実用性を確保しつつ、ニーズに合わせてより自由度の高い使い方ができることが必要と考えている。

7. まとめ

本論文では、インタラクティブデジタルサイネージとジェスチャを用いた大型ディスプレイの操作の関連研究について述べ、その課題を明らかにした。また、ジェスチャ操作を用いたインタラクティブデジタルサイネージの具体的な用途としてフロアガイドを選定し試作検証を行った。試作検証を通して、課題を解決するインタラクションの仕組みとして、(i) 直観的に操作できるグラフィック構造、(ii) 短時間で操作するためのジェスチャ操作、(iii) 体への負担が少ない端末形状の 3 つを備えるテーブル型のインタラクティブサイネージを開発した。さらに、一般被験者でのユーザビリティ評価により、端末を初めて使う人でも利用方法を説明することなく目的の操作を実行できることを確認し、公共用途に適した実用性を示した。

本研究で開発したインタラクティブサイネージは、ユーザが所望の項目を選択して情報を閲覧するという基本的な機能を備えており、本論文で述べたフロアガイドの用途以外にも、各種店舗での商品カタログの閲覧や各種展示場での展示物の紹介等に応用展開が可能であると考えられる。今後は、顧客からの様々な使い方の要望に対応していくために、より用途の自由度が高いインタラクションを考案していく予定である。

謝辞 本研究のユーザ評価にご協力いただいた皆様に、深甚の感謝の意を表す。

参考文献

- [1] 松原孝志, 徳永竜也: テレビ向けジェスチャ操作 UI の試作開発, 映像情報メディア学会冬季大会講演予稿集, 4-5-1 (2010).
- [2] ボンダンスティアワン, 松原孝志, 松本和己, 徳永竜也, 中島一州: テーブル型端末への 3 次元ジェスチャ操作適用, 映像情報メディア学会冬季大会講演予稿集, 11-11-1 (2011).
- [3] 遠藤隆介, 伊藤雄一, 中島康祐, 岸野文郎: 複合商業施設での複数人によるタイムスロット考慮型プランニングを実現するデジタルサイネージシステム, 情報処理学会研究報告, Vol.2013-HCI-155, No.9 (2013).
- [4] 木原民雄, 横山正典, 渡辺浩志: 人の位置移動による状況即応型デジタルサイネージの構成法, 情報処理学会論文誌, Vol.53, No.2, pp.868-878 (2012).
- [5] 宮田章裕, 瀬古俊一, 青木良輔, 橋本 遼, 渡辺昌洋, 井原雅行: 複数人同時閲覧のためのデジタルサイネージとモバイル端末の連携方式, 情報処理学会研究報告, Vol.2013-DPS-156, No.22 (2013).
- [6] 小川正幹, マルコユルム, 米澤拓郎, 中澤 仁, 徳田英幸: ラッキーなう: 時間と場所情報に注目した公共ディスプレイとのインタラクションモデルとその応用, 情報処理学会研究報告, Vol.2013-UBI-38, No.10 (2013).
- [7] 木村朝子, 柴田史久, 鶴田剛史, 酒井理生, 鬼柳牧子, 田村秀行: ジェスチャ操作を活用する広視野電子作業空間の設計と実装, 情報処理学会論文誌, Vol.47, No.4, pp.1327-1339 (2006).
- [8] 大槻麻衣, 大下 勉, 木村朝子, 柴田史久, 田村秀行: 3D 空間における仮想オブジェクトの分解・観察に適した操

- 作法の提案と実装, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.16, No.2, pp.227-237 (2011).
- [9] 前野恭平, 藤田誠司, 木村朝子, 柴田史久, 田村秀行: ジェスチャ操作を活用する広視野電子作業空間のためのメニューデザインの検討, 情報処理学会研究報告, Vol.2007-HCI, No.99 (2007).
 - [10] 中野克己, 近藤一晃, 小泉敬寛, 中村裕一: ジェスチャーインターフェースのためのインタラクション設計, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.MVE-110, No.32 (2010).
 - [11] 長谷川秀太, 赤池英夫, 角田博保: 姿勢を考慮したハンドジェスチャーを利用する機器操作の提案・評価, 情報処理学会研究報告, Vol.2012-HCI-147, No.24 (2012).
 - [12] 株式会社キャドセンター: ジェスチャーコントロールソリューション, 入手先 (<http://www.cadcenter.co.jp/camp/gesture.html>).
 - [13] 株式会社 N. ジェン: ジェスチャー操作デジタルサインエッジソフトウェア gescha, 入手先 (<http://www.gescha.jp/>).
 - [14] NEC ソリューションイノベータ株式会社: ジェスチャー UI ソリューション フィンガージェスチャー, 入手先 (<http://www.nec-solutioninnovators.co.jp/sl/finger/index.html>).
 - [15] 株式会社シード・プランニング: 2011年版デジタルサインエッジ市場の現状と今後の方向性 (2011).
 - [16] 独立行政法人産業技術総合研究所デジタルヒューマン工学研究センター: 人体寸法・形状データベース, 入手先 (<https://www.dh.aist.go.jp/database/>).
 - [17] オプテックス株式会社: 3次元距離画像カメラ, 入手先 (<http://www.optex.co.jp/product/3d.html>).
 - [18] 樽本徹也: ユーザビリティエンジニアリング ユーザー調査とユーザビリティ評価実践テクニック, オーム社 (2005).



徳永 竜也

2001年阿佐ヶ谷美術専門学校デジタルメディアデザイン科卒業。2005年(株)日立製作所入社。ヒューマンインタフェースに関する研究開発に従事。



中島 一州

2000年多摩美術大学造形表現学部デザイン学科卒業。同年(株)日立製作所入社。プロダクトデザインに従事。



松原 孝志 (正会員)

2002年北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科博士前期課程修了。同年(株)日立製作所入社。ヒューマンインタフェースに関する研究開発に従事。



ボンダン スティアワン

2007年東北大学大学院工学研究科博士前期課程修了。同年(株)日立製作所入社。ソフトウェアプラットフォームに関する研究開発に従事。



松本 和己

1997年多摩美術大学美術学部二部デザイン科卒業。同年(株)日立製作所入社。ヒューマンインタフェースに関する研究開発に従事。